

—シンポジウム/会合報告—
Symposium/Meeting Report

衛星と地上・無人観測比較による極域大気・雪氷圏解析 に関する研究小集会報告

神沢 博*

Report on Workshop “Study of the Polar Atmosphere and Cryosphere Using Satellite Data with Surface Validation Observations Including Unmanned One”

Hiroshi KANZAWA*

Abstract: The workshop was organized to discuss algorithms to derive parameters of the polar atmosphere and cryosphere using satellite data received mainly at Syowa Station (69°S, 40°E), Antarctica, *i.e.*, the data from NOAA, MOS (Marine Observation Satellite)-1, ERS (European Remote Sensing Satellite)-1, JERS (Japanese Earth Resources Satellite)-1 with validation data at the surface. It was held on 16 March 1993 at the National Institute of Polar Research (NIPR), total number of participants being about 40.

The contents of the workshop are as follows: The present status of receipt and utilization of the satellite data of NOAA, MOS-1, ERS-1, JERS-1; The Atmosphere; Sea ice; The Cryosphere; Introduction to the satellite data analysis system at the Information Science Center at NIPR.

要旨: 昭和基地 (69°S, 40°E) で受信されている人工衛星 NOAA, MOS-1, ERS-1, JERS-1 データを主とした衛星データを使って、大気、雪氷、海水等の物理的なパラメーターを正確に導出する解析アルゴリズム手法を、地上観測、さらに無人観測と比較しながら、討論した。また、国立極地研究所情報科学センターの衛星受信データ処理・解析システムの見学会を行った。本研究会は、1993年3月16日、極地研講義室において行われ、出席者は約40名であった。

1. はじめに

表記の研究小集会が、国立極地研究所（極地研）の講義室で1993年3月16日10:00～18:30にわたって催された。参加者総数は約40名で、講義室がいっぱいになり、熱心な発表、討論が行われた。この集会の目的、プログラムは以下のとおりである。なお、本文のなかにしばしば出てくる英字の略語については、付録にまとめて略語表をつけた。

* 国立極地研究所。 National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

目的

人工衛星 NOAA, MOS-1, ERS-1, JERS-1 データの受信が昭和基地で行われており、さらに、その他の Nimbus, LANDSAT, SPOT, DMSP 衛星データを含めて解析が進められている。しかし、これらのデータを使った大気、雪氷、海水等の物理的なパラメーターを正確に導出する手法は必ずしも確立されてはいない。特に識別の難しい雲や雪氷面を含む極域において、解析アルゴリズムを検討するのには、地上観測、さらに無人観測との比較が必須である。その点に焦点を絞って討論する。また、大気、雪氷、海水のそれぞれの分野で開発された手法が他の分野でも役立つと考えられ、この点にも焦点を当てる。

プログラム

あいさつ

川口貞男 (極地研)

A. 昭和基地での衛星データ受信とその利用の現状について

座長 神沢 博 (極地研)

A-1. NOAA

和田 誠 (極地研)

A-2. MOS-1

神沢 博 (極地研)

A-3. ERS-1

伊藤 一 (極地研)

A-4. JERS-1

伊藤 一 (極地研)

B. 大気

座長 大畑哲夫 (名大水圏研)

B-1. 10 μ m 域の放射と雲パラメーター

内山明博 (気象研)

B-2. マイクロ波データによる雲水量・水蒸気量の導出

和田 誠 (極地研)

○ 極地研情報科学センターの衛星受信データ処理・解析システムの紹介

○-1. システム概要

神沢 博 (極地研)

コメント

田中信也 (富士通)

○-2. インターネット接続について

菊地時夫 (高知大)

○-3. 衛星受信データ解析システム見学

山口良二 (富士通 FIP)

C. 海水

座長 大島慶一郎 (北大低温研)

C-1. 1988-1990 年の昭和基地付近の海水域の特徴

滝沢隆俊 (海技センター)

C-2. 「しらせ」船上でのビデオカメラによる海水の観測

遠藤辰雄 (北大低温研)

コメント (ビデオ画像の解析法)

村本健一郎 (金沢大工)

コメント (海水の厚さの測定)

下田春人 (船舶技研)

C-3. NOAA/AVHRR データによる地表面のアルベド分布の推定

中川清隆 (上越教育大)

C-4. 衛星データの海水学への応用の現状と展望

小野延雄 (極地研)

D. 雪氷

座長 児玉裕二 (北大低温研)

- D-1. 衛星データと無人気象観測データの比較 菊地時夫 (高知大)
- D-2. 宗谷海岸付近の氷床表面温度分布とゾンデプロファイルの比較
中川清隆 (上越教育大)
- D-3. 衛星による氷河・氷床の研究 西尾文彦 (北海道教育大)
- D-4. 衛星データの雪氷学への応用の現状と展望 西尾文彦 (北海道教育大)
- E. 総合討論 座長 神沢 博 (極地研)

なお、上記プログラムに名前の載っていない方で本研究小集会に参加し発言をされた主な方は、長幸平 (東海大)、金戸進 (気象庁)、高橋晃 (通総研)、渋谷和雄 (極地研)、鮎川勝 (極地研) の各氏である。

以下、第2章に会議の概要をまとめる。研究会当日の著者のメモを元にまとめたものであり、細部の点で不正確なところもあるかと思うが、この報告の目的にとっては大筋では正確だと考える。

2. 会議の概要

まず、今年度をもって極地研を退官する川口貞男氏より、米国の南極観測基地、マクマードを訪れた時に気象衛星 ESSA のデータを見て、これは日本でも衛星受信をやるべきと考え、約10年後、自身越冬隊長をつとめた第21次日本南極地域観測隊 (主観測年1980年) で、TIROS-N/NOAA 気象衛星受信装置を導入し、1980年から気象衛星の受信を始めたことが紹介された。

A. 昭和基地での衛星データ受信とその利用の現状について

このセッションでは、基本的な情報が紹介されたので、他のセッションに比べていささか詳しく紹介する。わかりやすさのために正確さを犠牲にした個所もあるが、概要をつかんでいただければ幸いである。

A-1. NOAA

米国NOAA (国立海洋大気庁) のNOAA衛星シリーズ (TIROS-N, NOAA-6, -7, -8, -9, -10, -11) のデータを1980年2月より1991年5月までの間、原則として毎日1パス受信した。この間の総受信パスは5140パスである。ACR (南極域における気候変動に関する総合研究) 計画に伴い、NOAA 衛星搭載の AVHRR (高分解能放射計) による画像データの処理装置が第28次観測隊 (主観測年=1987年) で導入され、幾何学的歪み補正および物理量に変換処理した画像データを昭和基地で作成し、それ自身による研究、他の観測データの背景としての使用、設営オペレーションのための情報等で使用された。なお、

第 32 次観測隊 (主観測年=1991 年) の途中で, NOAA 受信装置および AVHRR 画像処理装置が故障し, それ以来, 受信, 解析がなされていない。1980 年の受信以来, 雲の水平分布, 鉛直温度分布, 海水の動き, 雪氷面の性質, 水蒸気量, オゾン全量の水平分布等を導出するアルゴリズムの開発が行われ, それぞれの分野の研究に資されている。その成果の一つとして出版された, 「NOAA 衛星から見た南極-雲・氷・雪- (Antarctica from NOAA Satellites -Clouds, Ice and Snow)」(山内恭・瀬古勝基編, 国立極地研究所発行, 1992) がある。

A-2. MOS-1

日本の NASDA (宇宙開発事業団) の MOS-1 (海洋観測衛星), 通称, もも 1 号は, 日本初の極軌道地球観測衛星であり, 3 つのセンサー, MESSR (可視近赤外放射計), VTIR (可視熱赤外放射計), MSR (マイクロ波放射計) を搭載している。1987 年 2 月に打ち上げられ, 昭和基地の多目的衛星データ受信システム (通称大型アンテナ) によって, 第 30 次観測隊の 1989 年 2 月より受信している。原則として, 夏半年にはほぼ毎日 1 パス, 冬半年には 3 日に 1 パスを受信してきている。1991 年 11 月からは, 主として, MOS-1 の後継衛星 MOS-1b を受信している。第 30 次観測隊 (主観測年=1989 年) から第 33 次観測隊 (主観測年=1992 年) の 4 年間で 818 パスを受信した。第 34 次観測隊でも受信を続けている。MESSR は 1 パスについて約 60 シーンの画像が得られる。昭和基地で, MESSR の Quick Look 写真を作成している。ただし, 第 30 次観測隊の分は NASDA/EOC (宇宙開発事業団/地球観測センター) に依頼して作成。データは HDDT (高密度デジタル磁気テープ) 1 巻に 7 パス分記録される。「しらせ」で持ち帰った HDDT は NASDA/EOC に保管される。幾何学歪み補正, 物理量への変換の処理は, 極地研からのリクエストに応じて NASDA/EOC により行われ, 写真および CCT (電子計算機適合磁気テープ) で提供される。現在処理済のデータは, MESSR 84 シーン, VTIR 57 シーン, MSR 130 シーンである。

A-3. ERS-1

ヨーロッパの ESA (欧州宇宙機構) の ERS-1 の AMI モードの SAR (合成開口レーダー) データを, 第 32 次観測隊の 1991 年 10 月より受信しており, 1993 年 1 月までに 112 パス受信した。オーストラリアからの依頼で受信したパスも中にはある。データは HDDT に記録される (1 巻に何パス分記録されるかは時によって異なる)。「しらせ」で持ち帰った HDDT は NASDA/EOC に保管される。SAR データの処理は, 極地研からのリクエストに応じて NASDA/EOC により行われ, 写真および CCT で提供される。現在処理済のデータは, 2 シーンである。茅氷河の様子, 付近の棚氷の割れ目の様子をくっきりと写し出している。

A-4. JERS-1

日本の STA/NASDA (科学技術庁/宇宙開発事業団) および MITI (通商産業省) で共同

開発された JERS-1(地球資源衛星), 通称, ふよう 1 号の受信を, 第 33 次観測隊の 1992 年 7 月から行っており, 1993 年 1 月までに, SAR データを 49 パス, OPS(光学センサー) データを 21 パス受信した。データの記録, 輸送, 保管, 処理は, MOS-1, ERS-1 と同様である。今年(1993 年) 4 月に初受信データが日本に戻ってくる。

B. 大気

B-1. 10 μm 域の放射と雲パラメーター

絹雲に対して, 地上からサンフォトメータ, 赤外放射計, その他の観測(於気象研究所) および NOAA/AVHRR の受信を行い, 現在, データを解析している。南極では, 雲の同定を NOAA/AVHRR データから行うのは, 雲のアルベドおよび赤外放射温度が海水および氷床のそれに近いことから, 困難であることが知られている。山内の開発した方法以外に今のところうまい方法がみつからない。雲を同定することができるならば, 雲が存在する場合にも, 雲の下に隠れた地面の情報を抽出するのも, 原理的には可能だが, 実際には不可能な場合が多い。

B-2. マイクロ波データによる雲水量・水蒸気量の導出

MOS-1 の MSR データから雲水量, 水蒸気量を評価する試みを行っている。海水面上は可能だが, 氷床上および海氷上はほとんど不可能である。米国 DMSP 衛星の SSM/I (マイクロ波放射計) のデータが使いやすい形で, CD-ROM に収められていて, 米国のデータセンターから手に入る。このデータを使って, やはり海水面上の雲水量, 水蒸気量を求めることを試みている。

○ 極地研情報科学センターの衛星受信データ処理・解析システムの紹介

○-1. システム概要

1990 年度に画像処理解析システムを, 1991 年度に NOAA 処理用システムを導入した。前者は, NOAA/AVHRR, MOS-1, ERS-1, JERS-1, LANDSAT, SPOT, Nimbus 7/CZCS など各種の画像データを入力し, 画像表示, 処理・解析を行うものであり, 後者は NOAA の受信総データ(HRPT 形式)を収めた HDDT を入力して, AVHRR データの抽出, 補正処理を行うためのものである。1992 年度には, このシステムへのソフトウェアの追加, 運用環境の整備, 利用者へのサポート等を行った。

○-2. インターネット接続について

コンピューター・ネットワークのインターネット・プロトコル通信環境の中で, 画像データを圧縮して転送する方法を, NASDA のプロジェクトの一つとして, 開発中である。極地研のシステムのワークステーションから高知大学のワークステーションへ画像データを転送する実験を, 会議終了後行った。

○-3. 衛星受信データ解析システム見学

本システムを使った画像解析のデモンストレーションを、システムの設置されている情報科学センターの計算機室で行った。また、NOAAのHDDT入力のデモンストレーションも行った。外部の大学の研究者の数人からこのシステムを使って仕事をしたいとの意志表示があり、打ち合わせを行った。

C. 海水

C-1. 1988-1990年の昭和基地付近の海水域の特徴

DMSP搭載のSSM/Iによる海水分布のCD-ROMデータを解析し、一口にコスモノートポリニアといわれるものに2種類あることがわかった。一つは、沿岸に発生するポリニアであり、もう一つは沖合のポリニアである。後者は、時には南極大陸沿岸に沿って1周の1/8程度にもわたった広がりを見せる。

C-2. 「しらせ」船上でのビデオカメラによる海水の観測

ACRの一環として行われた船上ビデオ観測の概略を紹介した。ビデオ観測の一部分とほぼ同時の同じ海水域のNOAA/AVHRR, MOS-1/MESSRのデータが存在し、そのビデオ観測データは、衛星データの検証実験観測データとして位置づけられうる。ビデオ観測データの処理解析として、パーソナルコンピューターを使ってビデオ画像に幾何学歪み補正を施し、海表面上に海水の形を投影する方法を開発した。また、「しらせ」が海水を割って進む時のビデオから海水の厚さを求めた。

C-3. NOAA/AVHRRデータによる地表面のアルベド分布の推定

NOAA/AVHRRの可視チャンネルのデータから、1990年のリュツォ・ホルム湾の地表面アルベドを求めた。リュツォ・ホルム湾全域のアルベドが求まったのは、この年、全部で16枚であった（雲があると地表面がみえない）。海水のアルベドは、湾の東側は西側に比べて低い。

C-4. 衛星データの海水学への応用の現状と展望

これまで開発された衛星センサーで海水研究に役立つものをレビューする中で、現在開発中で次に衛星に搭載すべきセンサーはマイクロ波のパッシブセンサーの水平分解能をより良くしたもの（数km）であることがわかった。例として日本で研究中のものをあげれば、AMSRがあげられる。

D. 雪氷

D-1. 衛星データと無人気象観測データの比較

1985年頃以来これまで展開されてきた無人気象観測のレビューを行った。電源の供給が途中でストップしてしまったもの、電源の供給は予定どおりうまくいったが、温度、風の

センサーがうまく働かなくなったもの等があるが、集まったデータをうまくまとめれば、それ自身として意味のあるものとなるとともに、衛星データの検証に使える。例えば、衛星データから発見された現象、棚氷の温度が低い領域、カタバ風の流れが“dark stream”とみえる現象等に、無人気象データが使われている。

D-2. 宗谷海岸付近の氷床表面温度分布とゾンデプロファイルの比較

昭和基地付近の NOAA/AVHRR 赤外データを調べると、大陸氷床斜面上に海岸に沿って温度の極大のベルトがみられる。昭和基地の高層気象データを調べると、昭和基地での逆転層の厚さと極大温度ベルトの海岸からの距離に正の相関がみられた。この正の相関の意味の解釈の試みとして、数式上の説明が行われ、その物理的意味について様々な議論が行われた。

D-3. 衛星による氷河・氷床の研究

白瀬氷河流域の質量収支について、流域の出入量は、雪尺による評価、NOAA/AVHRR による評価、DMSP/SSMI による評価を行うと、約 20 Gt/year 程度とおよその一致を示す。LANDSAT のデータ、MOS-1/MESSR のデータを年代順に並べると、白瀬氷河、茅氷河の消長がわかる。

D-4. 衛星データの雪氷学への応用の現状と展望

ERS-1、JERS-1 の SAR のデータは非常に有効である。雲があっても、地表面がみえるというのは大きな利点だが、そればかりでなく、SAR は期待の大きいセンサーである。例えば、地表面ばかりでなく、地表面内部の情報を得ることができる。

E. 総合討論

渋谷和雄氏より、ERS-1 に対する AO (Announcement of Opportunity) の氷床関係の PI (Principal Investigator) である渡辺興亜氏 (極地研) の所に、SAR のほか、Radar Altimeter、Wind Scatterometer 等の極域データを収録したテープが順次送られてきていることが紹介された。小野延雄氏より、南極域およびオホーツク海域に関して、ERS-1 の PI として、JERS-1 と組み合わせて、SAR データのリクエストをしていることが紹介された。伊藤一氏より、JERS-1 に対する南極域の AO がまとまっていないこと、何らかの形でユーザーからの要求を満たすよう、ERS-1 および JERS-1 の昭和基地での受信要求および NASDA/EOC への処理要求をしたい旨の話があった。受信局としての極地研と AO の PI としての極地研の研究者を区別し、両者の関係をうまくまとめる必要があることが確認された。

極地研の共同利用研究者の昭和基地受信の衛星データ (NOAA, MOS-1, ERS-1, JERS-1) 利用を促すため、データの所在情報を利用者に流す必要があり、極地研の担当者がそれに対応することにした。例えば、MOS-1 については、NASDA/EOC に提出している

HDDT カタログのコピーを配付すること、インターネットを通してカタログをアクセスできるように努力することとなった。NASDA/EOC にも、極地研担当者が作成したカタログを元にして、NASDA/EOC で作成したカタログがある。データ利用を促進するためには、2 本立てで、ユーザーがやりやすい方にアクセスすればよいのではないかとの議論であった。この件についてはこれから検討を要する。

衛星データの共同利用の方法として、年に数課題に絞って重点的に研究する方策を考えたかどうかとの提案があった。この件もこれからの検討課題である。

NOAA 衛星の昭和基地での受信・処理・解析の再開、1996 年 2 月打ち上げ予定の ADEOS (地球観測プラットフォーム技術衛星) 搭載の AVNIR (高性能可視近赤外放射計) の昭和基地受信等の将来計画が話題に上った。

3. おわりに

前節に記したように膨大な衛星データ、特に地表面の情報を主とする画像データが極地研に蓄積されている。極地研の 4 研究グループのうち、超高層物理を除く 3 つの研究グループ、気水圏、地学、生物の各分野に有効なデータである。今回の研究小集会では、気水圏グループの共同研究参加者が主として集まり議論をした。

ここで議論している MOS-1, ERS-1, JERS-1 等の画像データを扱うには、そのデータ量が膨大なため、まず初めに、研究に直接かかわらない部分の業務的な仕事をこなさなければならない。研究者の要望をまとめた上での受信要求の作成、昭和基地での受信の運用、データ処理要求のまとめ、データの保管管理、データカタログ作り、データ処理・解析システムの構築・運用、共同研究者へのサービス等々。一方、そういう業務をきちんとこなす体制が極地研には存在しない。しかし、そういう中でも、研究成果を出してゆくようにしなければならない。当面は、その目的を達する一環として、本研究小集会のようなものを積み重ねてゆくほかない。そういうものとして、本集会は有意義であったと考える。

謝 辞

極地研の共同研究のプログラムの一つとして、研究小集会という非常に良い枠組を創設された方に感謝申し上げます。会の開催にあたっては極地研庶務課共同利用係の協力を得た。本研究会に参加していただいた方には、積極的に議論に加わっていただいた。情報科学センターの衛星受信データ処理・解析システムを、見学会で使用した。準備段階および本原稿の作成に木次敦子氏の協力を得た。研究会当日、会の運営に、菅澤富貴子、坂根美穂両氏の協力を得た。

(1993 年 4 月 13 日受付：1993 年 5 月 7 日改訂稿受理)

付録：略語表

(日本語訳が確定しているもののみについて日本語をつけた)

ACR: Antarctic Climate Research; 南極域における気候変動に関する総合研究

ADEOS: Advanced Earth Observing Satellite; 地球観測プラットフォーム技術衛星

AMI: Advanced Microwave Instrumentation

AMSR: Advanced Microwave Scanning Radiometer

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer; 高分解能放射計

AVNIR: Advanced Visible and Near-infrared Radiometer; 高性能可視近赤外放射計

CCT: Computer Compatible Magnetic Tape; 電子計算機適合磁気テープ

CZCS: Coastal Zone Color Scanner

DMSP: Defense Meteorological Satellite Program

ERS: European Remote Sensing Satellite

ESA: European Space Agency; 欧州宇宙機構

ESSA: Environmental Survey Satellite

HDDT: High Density Digital Magnetic Tape; 高密度デジタル磁気テープ

HRPT: High Resolution Picture Transmission

JERS: Earth Resources Satellite; 地球資源衛星。ヨーロッパの ERS と区別するため JERS (J: Japanese) と略されている。

MESSR: Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer; 可視近赤外放射計

MITI: Ministry of International Trade and Industry; 通商産業省

MOS: Marine Observation Satellite; 海洋観測衛星

MSR: Microwave Scanning Radiometer; マイクロ波放射計

NASDA: National Space Development Agency; 宇宙開発事業団

NASDA/EOC: NASDA/Earth Observation Center; NASDA/地球観測センター

NOAA: ITOS (Improved TIROS Operational Satellite; 改良型現業用気象衛星) につけられるニックネーム。NOAA は National Oceanic and Atmospheric Administration (米国立海洋大気庁) の略でもある。

OPS: Optical Sensors; 光学センサー

SAR: Synthetic Aperture Radar; 合成開口レーダー

SSM/I: Special Sensor Microwave/Imager

STA: Science and Technology Agency; 科学技術庁

TIROS: Television Infrared Observation Satellite

VTIR: Visible and Thermal Infrared Radiometer; 可視熱赤外放射計